

## MMIC Self Oscillating Mixer

김영기, 황철, 정진양, 윤신영

안양대학교 정보통신공학과

경기도 안양시 만안구 안양 5 동 708-113 번지

Young-Gi Kim, Chul-hwang, Jin-Yang Jung, and Shin-Young Yoon

Dept. of Data Communication, Anyang University, 708-113, Anyang 5-Dong, Manan-Gu, Anyang-City,

Kyungki-Do, 430-714, KOREA

+82-343-67-0894(fax), e-mail : kimyg@aycc.anyang.ac.kr

### ABSTRACT

This paper presents a GaAs MESMET self oscillating mixer for high efficiency L-band frequency conversion with small chip area consumption. Main circuit topology is consist of cascoded two FET with resonating part. The circuit is designed as unstably nonlinear for limited frequency band. FET with drain shorted to source is used for frequency tuning element. Linear conversion gain of  $-18.83$  dB is achieved with 9mA and 4V consumption. Input 1 dB compression point is more than 11 dBm. The chip area is 1.4 x 1.4 mm.

### 요약

주파수 신호를 변환하기 위하여 mixer 와 oscillator 를 각자 구성하여 다시 조합하는 형태의 회로를 주로 사용하나, 본 논문에서는 회로의 구조를 단순화하여 웨이퍼의 사용 면적을 최소화 하고 소모전력을 줄여서 효율적인 L-band 신호의 주파수 변환을 얻기 위하여 MMIC self-oscillating mixer 를 제안하였다. 근본적으로 불안정한 영역에서 동작하는 cascode 형태의 GaAs FET 를 비선형영역에서 resonator 를 이용하여 발진을 하게 설계하였다. 또 다른 FET 는 소오스와 드레인을 단락 시켜서 게이트와 채널간의 역바이어스된 쇼트키 접합에서의 depletion 영역의 길이를 조절하여 capacitance 를 변화시켜 발진주파수 조절용으로 사용하였다. 1.9 GHz 의 입력신호를 460 MHz 의 중간 주파수 신호로  $-18.83$  dB 의 이득으로 변환하기 위하여 4V 를 가해서 총

9mA 의 전류가 소모되었다. 입력 P1 전력은 11 dBm 이상이 가능하다. MMIC 칩의 크기는 1.4 x 1.4 mm 이다.

### I. 서론

주파수 신호를 변환하기 위하여 mixer 와 oscillator 를 각자 구성하여 다시 조합하는 형태의 회로를 사용하는 것이 보편적이다. 회로의 구조를 단순화하여 웨이퍼의 사용 면적을 최소화 하고 소모전력을 줄여서 효율적인 신호의 주파수 변환을 얻기 위하여 self-Oscillating mixer 에 관한 연구가 이미 진행 되었다. GaAs MESFET dual gate 을 이용하여 RF 신호는 10 GHz, IF 신호는 1 GHz 이고 변환이득이 12dB 이며, 4 dB 의 변환이득으로 조절하여 DSB 잡음지수는 5.5 인 hybrid self-oscillating X-band mixer 가 보고되었다.[1] 또한 diode 의 비선형성을 이용한 Ka 대역이상의 초고주파 self oscillating mixer 들이 보고되었다.[2], [3]

Dual gate FET 를 hybrid 로 이용한 self-oscillating mixer 의 경우에는 변환이득이 우수하다. 그러나 MMIC 로 구성할 경우에는 MMIC library 에서 제공하는 2 개의 FET 를 cascode 로 연결하여 유사하게 사용할 수 있다.

본회로는 GaAs FET MMIC 회로로서 2 개의 FET 를 cascode 를 연결하여 전류를 공유하여 동작함으로써 전력의 소모와 소모면적을 줄이고, 하나의 FET 는 주로 부성저항을 발생하여 발진을 하고 또 다른 하나의 FET 의 비선형성을 이용하여 믹서의 기능을 같이하는 self oscillating mixer 회로이다.

이 연구는 반도체설계교육센터로부터의 부분적인 지원을 받아 이루어 졌음.

II. 회로설계

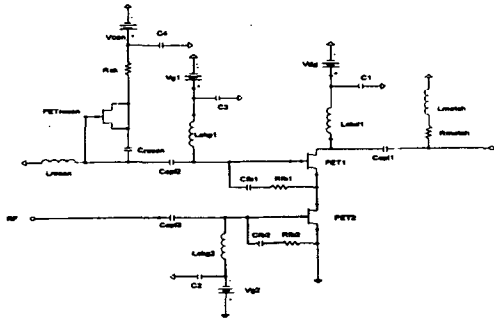


그림 1. Self oscillating mixer 의 회로도

그림 1. 의 cascode 구조의 회로에서 FET1 은 capacitive feedback 과 같이 주로 negative resistance 를 발생시켜 Resonator 부의  $L_{reson}$ ,  $C_{reson}$ , FETreson 에서 발생하는 positive real impedance 와 중화되어 imaginary part 가 "0" 인 주파수에서 발진의 역할을 주로 한다. FETreson 은 drain 과 source 를 short 시켜서 Schottky diode 로 대체하여 varactor 의 역할의 하계 하여 frequency tuning element 로 이용하였다. 가용 MMIC chip 면적이 제한되어 resonator 부분에 대하여 저항  $R_{ck}$  으로 RF choke 기능을 하계 하였다. 발진에 의한 진류의 변화에 의해 FET2 가 비선형 동작을 하계 된다. 따라서 주파수 혼합이 가능하게 된다.

Matching 을 한 후에 대역폭을 넓이기 위해 feedback 을 FET2 에 사용하였다. IF 단의 저항  $R_{match}$  도 역시 matching 및 대역폭을 향상시키는 역할을 한다. MMIC 제작공정 및 active device 의 model 에서 오차가 예상되므로 대역폭을 원래의 요구 사양보다 여유 있게 설계 하여야 한다. MMIC 에서 구현 가능한 lumped element 의 값이 제한되어 있기 때문에 최적의 matching 보다는 대역폭에 중점을 두었다.

matching, 대역폭, 발진의 기능은 libra 의 선형 simulation 및 비선형 harmonic balance 방법으로 확인 설계하였다. 변환이득은 현재의 회로상태에서 simulation 이 불가능하기 때문에 측정의 결과에 의존하

였다.

한편 정상적으로 동작될 경우에는 RF 입력단 50 ohm 의 종단저항을 가진 회로가 연결될 것이므로 발진 동작을 시뮬레이션할 때는 RF 입력단에 50 ohm 을 연결하였고, matching 을 시뮬레이션할 때는 이를 제거하지만 측정 test bench 에 50 ohm 이 연결된 것과 같은 효과가 생기므로 결국 같은 결과가 된다.

시뮬레이션으로 설계된 사양은 다음과 같다

1. 입력 동작 주파수: 1.88~2.01 GHz (L-band)
2. 입력정합:-10 dB 이하
3. 출력정합:-10 dB 이하
4. gate 바이어스:  $V_{g1}=+0.6$  V,  $V_{g2}=0.0$  V
5. drain 바이어스:  $V_{dd}=+4$  V

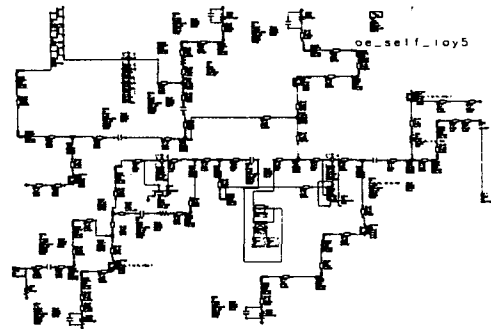


그림 2. Layout 효과를 고려한 시뮬레이션을 위한 회로도

가능한 Layout 의 기생 효과를 고려하여 설계하기 위하여 그림 2.과 같이 마이크로 스트립선을 회로도에 이용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 3. 과 같이 RF 주파수에서는 입력부의 정합이 -10 dB 이하로, 출력부에서는 IF 주파수에 대하여 정합이 -15 dB 이하로 되게 하고 1.48 GHz 에서 1.75 GHz 사이에서는 불안한 형태로 하기 위하여 피드백 캐패시터와 소자들을 조절하였다.

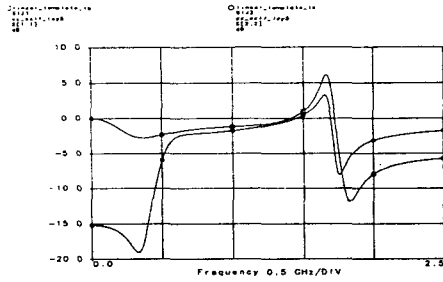


그림 3. 시뮬레이션 된 회로의 입력과 출력의 선형주파수 특성

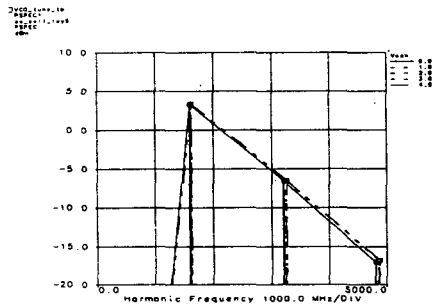


그림 4. 시뮬레이션 된 회로의 발진 특성

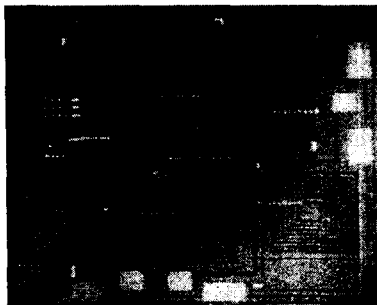


그림 5. 제작한 MMIC self oscillating mixer의 칩사진

추가적으로 공진부의 캐패시터값을 조절하여 그림 4.와 같은 발진 특성을 시뮬레이션 하였다. 그림 2.에 도시된 layout을 토대로 MENTOGRAPHY를 이용하여 Layout를 수행하고 DRC 검사를 하여 ETRI에서 그림 5.와 같은 1.4mm x 1.4mm 크기의 MMIC self oscillating mixer를 제작하였다.

III. 측정

3개의 칩을 무작위로 선정하여 직류 전류의 소모가 설계치와 비슷한 칩을 probe station을 이용하여 network analyzer로 선형특성을 측정된 결과 입력과 출력의 정합 형태와 불안정 영역의 특성이 설계치와 유사한 그림 6.과 같은 선형특성을 얻을 수 있었다.

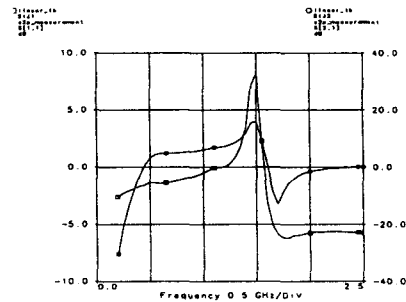


그림 6. 측정된 MMIC self oscillating mixer의 입력과 출력 선형특성

입력에 50ohm을 연결한 상태에서는 부하가 너무 커서 발진이 되지 않았다. 470 ohm을 직렬로 연결하여 부하를 줄이고 1.9GHz의 0dBm RF 신호를 인가하여  $V_{con} = 0V$ 에서 4V 전원전압에 9mA의 직류전류 소모로 하모닉 특성이 향상된 회로의 출력 스펙트럼을 얻었다. 주파수 변환의 특성을 측정하기 위하여 470ohm 입력저항을 연결하고 1.9GHz의 0dBm RF 신호를 인가하여  $V_{con}$ 을 3V로 하였을 때의 IF의 출력은 그림 7.에 나타난 바와 같이 -19dB의 변환이득으로 중심 주파수가 460.2MHz에서 측정되었다.

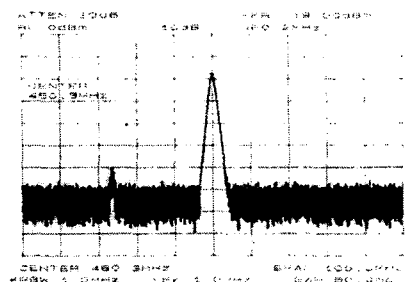


그림 7. 470ohm 입력저항을 연결하고 1.9GHz의 0dBm RF 신호를 인가하여  $V_{con} = 3V$ 에서 측정된 회로의 주파수 변환특성

입력전력에 대한 선형 변환특성은 그림 8. 과 같이 측정되어 입력전력의 1dB Compression 점이 11 dBm 이상임을 알 수 있다.

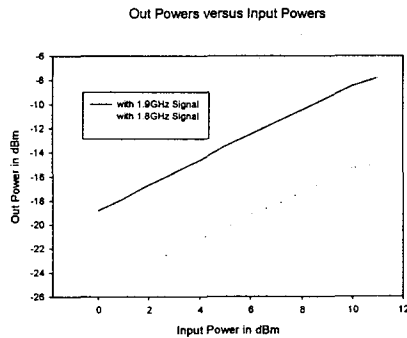


그림 8. 주파수별 입력 신호 전력의 세기에 대한 출력 신호 전력의 세기

주파수가 1.428GHz 이고 출력이 4.67dBm 인 출력 파형의 결과는 그림 9 와 같이 측정되었다.

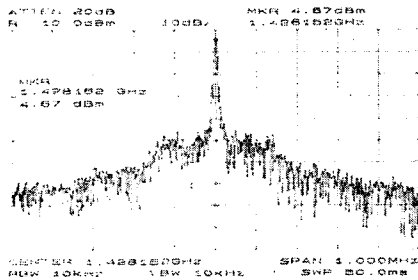


그림 9. Phase noise

#### IV. 결론

본 논문에서는 회로의 구조를 단순화하여 웨이퍼의 사용 면적을 최소화 하고 소모전력을 줄여서 효율적인 L-band 신호의 주파수 변환을 얻기 위하여 MMIC self-oscillating mixer 를 제안하였다. 근본적으로 불안정한 영역에서 동작하는 cascode 형태의 GaAs FET 를 비선형영역에서 resonator 를 이용하여 발진을 하게 설계하였다. 또 다른 FET 는 소오스와 드레인을 단락시켜서 게이트와 채널간의 역바이어스된 쇼트키 접합에서의 depletion 영역의 길이를 조절하여 capacitance 를

변화시켜 발진주파수 조절용으로 사용하였다. 1.9 GHz 의 입력신호를 460 MHz 의 중간 주파수 신호로 -18.83 dB 의 이득으로 변환하기 위하여 4V 를 가해서 총 9mA 의 전류가 소모되었다. 입력 P1dB 전력은 11 dBm 이상이 가능하다.

본 논문에서 제시한 self-oscillating mixer 는 회로의 구조가 간단하고 소모전력이 적고 입력 P1dB 전력이 큰 장점을 가지고 있어서 무선이동통신, PCS, IMT2000, WLL, BLUE TOOTH, LMCS 등의 주파수 변환부에 활용이 적합하다.

#### 참고 문헌

1. Christos Tsironis, Rain Stihlmann and Frederik Ponse, "A self-oscillating dual gate X-band Mixer with 12 dB conversion," Conf. Proc. 9<sup>th</sup> Euro. Microwave Conf., pp321-325, 1979
2. P. N. Forg and J. Freyer, "Ka-band self-oscillating mixers with Schottky Baritt Diodes", Electron. Lett. Vol 16, pp. 827-829, Oct. 23, 1980
3. Vavoverschelde, A., Aalmer, G., Ramaut, J., and Meignant D. "The use of punch-through diodes in self-oscillating mixers," j. Phys D, 1975, 8, pp. 1108-1114